

穿刺力分析による静脈採血モデル特性の判別分析に関する検討

Linear Discriminant analysis of the characteristics of venous blood sampling model based on analysis of the needle puncture force

○中谷直史¹, 青木和夫²Naofumi Nakaya¹, *Kazuo Aoki²

Abstract: To provide practice for venipuncture, a variety of objects are used as intravenous blood sampling practice models (henceforth, model). However, as has been pointed out, the feel of the model is different from the feel of the human body. Therefore, in this study we aimed to establish a simple evaluation method for such model.

Using the measurement value obtained from the puncture apparatus used for three models, with a syringe-type three-axis force sensor, linear discriminant analysis was performed. From the results, it was possible to easily determine the characteristics of the model. In addition, compared to the single-axis method, the three axis method evaluation was more effective.

1. はじめに

静脈穿刺は临床上頻繁に施行されている。採血や献血、静脈注射、点滴などがその例として挙げられる。その多くの施行例の中には、穿刺時の内出血や神経損傷などの後遺症例が見受けられる。そのため、採血を行う医療従事者をを目指す学生は、実際の患者に採血を行う前に、静脈採血モデル（以下、モデルとする）を用いた訓練を行うことが多い。

しかしながら、モデルで得ることの出来る技術は限定的なものである。それは、皮膚の硬さや血管の硬さ、弾力などの個人差が表現できていないことに起因している^[1]。

本研究では、三軸力覚センサを用いた穿刺力波形測定装置を用い、垂直、水平方向に加わる力を複合的に判断し、どの測定項目がモデルの差を検出可能であるかを検討することによって、モデルの簡便な評価法を検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 対象および方法

静脈採血モデルを 3 種類用意し、それぞれ Model A, Model B, Model C とした。Model A, B は被験者の腕に装着して使用するものであり、Model C は腕の形状をしているモデルである。

穿刺テストは、静脈採血業務経験を 2 年以上有する現役の臨床検査技師 12 名によって実施した。

先行研究で製作した穿刺力波形測定装置を用い、穿刺順序をランダムとして、穿刺者は各モデルに対して 3 回穿刺を行った^[2]。注射針は毎回交換をし、穿刺者に対しては力覚センサのケーブルが真下になるように保持するよう教示した。

2.3 穿刺力波形の分析項目

2.3.1 軸の定義

三軸力覚センサに加わる力の定義について、Fig 1.に示す。

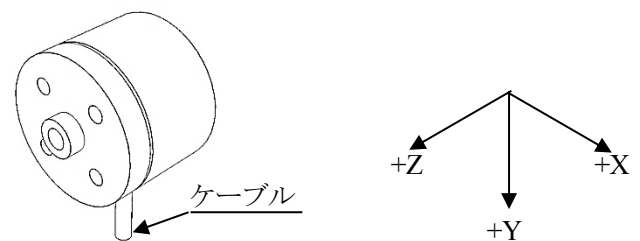


Figure 1. Definition of the force applied to the three-axis force sensor

2.3.2 穿刺力波形（Z 軸）の分析

Fig 2.に穿刺力波形の例と分析項目を示す。

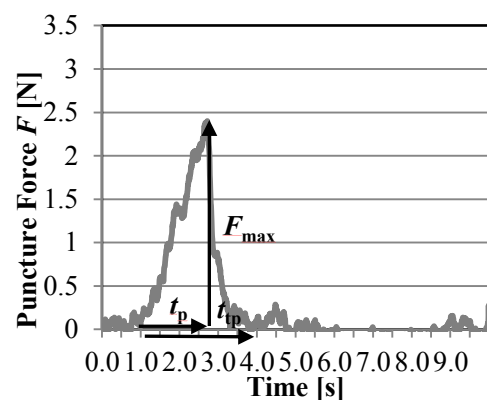


Figure 2. Analysis items of puncture force waveform

F_{\max} は最大穿刺力値であり、 t_p は最大穿刺力値に達するまでの時間である。また、穿刺時間 t_p は穿刺者が人為的に力を加えた時間である。

穿刺角度は、動画分析ソフト(メディアブレンド: デイケイエイチ社)を用いて分析を行った。

平均穿刺速度 P_s は、皮膚の厚さを T_s 、血管壁の厚さを T_v 、穿刺角度を P_d としたとき、式(1)によって求めた。

$$P_s = \frac{(T_s + T_v) \csc P_d}{t_p} \cdot 60 \quad [\text{mm/min}] \quad (1)$$

2.3.3 穿刺トルク変位 (X-Y 軸) の分析

Fig 3. に穿刺トルク変位の測定例を示す。

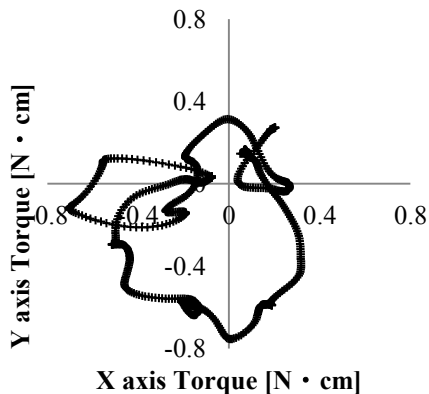


Figure 3. Measurement example of the puncture torque displacement

穿刺トルク変位は、穿刺時にセンサに加わった X-Y 軸方向のトルクを X-Y 平面座標に描画したものである。X-Y 軸方向に対するトルク（正、負のピーク）および、穿刺トルク変位の総和 T_d を分析対象とした。 T_d は、センサに加わる X 軸方向のトルクを x とし、Y 軸方向のトルクを y としたとき、式(2)によって求めた。

$$T_d = \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad [\text{N} \cdot \text{cm}] \quad (2)$$

3. 結果

判別分析の結果、Model A の的中率が 84.21%，Model B で 68.75%，Model C で 64.00%であった。全体における的中率は 71.05%であった。

Table 1 に標準化判別係数を示す。

Table 1 Standardized discriminant coefficient

変 数	第1正準 変量	第2正準 変量
最大穿刺力	-0.6640	0.4809
平均穿刺速度	0.6587	1.2334
穿刺トルク変位の総和	-0.5362	-0.3283
穿刺時間	0.8053	0.6591
Y 軸トルク（正のピーク）	-0.6304	0.2754
ピークまでの時間	0.4168	0.9163

また、Fig 4. に判別分析で得られた群別散布図を示す。

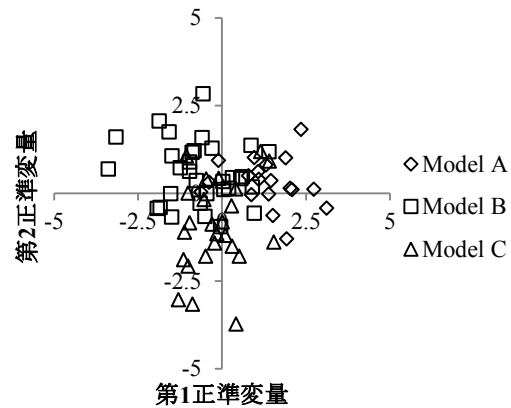


Figure 4. Scatter plot by group

Fig 4. より、各群の重心は Model A(第1正準変量 1.34, 第2正準変量 0.30), Model B(-0.66, 0.58), Model C(-0.18, -0.97)であった。

4. 考察

各モデルの特徴を Fig 4. より考えると、Model A は第1正準変量の正の空間にあることから、穿刺時間が長く、最大穿刺力が小さいと考えられた。Model B は第1正準変量の負の空間にあることから、穿刺時間が短く、最大穿刺力が大きいと考えられた。また、Model C は第2正準変量の負の空間にあり、平均穿刺速度が遅く、ピークまでの時間が短いと考えられた。

先行研究ではモデルの特徴を判別するためにアンケートによる主観評価を分析する必要があったが、本手法によって得られた群別散布図によって、モデルの特徴を簡便に判別できるものと思われた。

一方、モデルを定量的に分析するためには、一定速度、穿刺角度で穿刺したデータによる評価が有効であると思われるが、穿刺難易度を評価するなど、人が介在しなければ得られないデータを測定する場合には、本手法を用いる意義があると思われる。また、判別分析によって有意であるとされた変数は、三軸のデータを含むものであった。すなわちモデルを評価するにあたっては、針先に加わる垂直方向の測定データだけではなく、水平方向の力についても検討するべきであると思われた。

5. 参考文献

- [1] GLOBAL INDUSTRY ANALYSTS, INC.: “Problems associated with use of manikins, in Training manikins”, a global strategic business report, 2002.
- [2] 中谷直史, 堀内邦雄, 青木和夫: 「注射器型力覚センサを用いた静脈採血モデルの評価に関する研究」, 医学と生物学, Vol.157, No.2, pp.257-264, 2013.